

**Л. М. УЛЬЕВ**, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;  
**Д. Д. НЕЧИПОРЕНКО**, аспирантка НТУ «ХПИ»;  
**О. Ю. ВАЛЕНОВА**, студентка НТУ «ХПИ»

## **ПИНЧ-ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕГРАЦИЯ БЛОКА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА НА УСТАНОВКЕ Л-35-11/600**

В работе выполнена пинч-интеграция блока каталитического риформинга на установке Л/35-11/600. С помощью методов пинч-проектирования построена сеточная диаграмма предложенного проекта рекуперации тепловой энергии. На основе сеточной диаграммы системы рекуперации предложена энерго-технологичная схема блока каталитического риформинга, в которой значительно увеличена мощность рекуперации. Также в работе описаны затраты на проектирование и срок окупаемости данного проекта.

**Ключевые слова:** пинч-интеграция, риформинг, теплообмен, пинч-анализ, сеточная диаграмма, утилиты, срок окупаемости.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими заданиями.**

Энергия – необходимый элемент для живого организма, сообщества, а также для любой химической и физической системы [1]. Для поднятия общего жизненного уровня населения планеты, достигнутого в разных странах, потребуется почти десятикратное увеличение энергетического производства, реально это невозможно из-за ограниченности и усложнения добычи основных энергоресурсов, а также из-за губительного воздействия энергетических объектов на окружающую среду. Поэтому необходим переход к деятельности, обеспечивающей уменьшение потребления энергии по отношению к валовому национальному продукту, и создание новых более эффективных способов получения энергии. В этом плане возможности химии велики. Первое направление, где химия может быть эффективной – разработка технологий, обеспечивающих уменьшение затрат энергии на единицы продукта. Второе – создание новых видов топлива, обеспечивающих энергетическую и экологическую эффективность. Третье – новые эффективные технологии получения энергии. Одним из

важных направлений ресурсосбережения в химической промышленности является энергосбережение.

На первоначальном этапе разработки методологии создания ресурсосберегающих химико-технологических систем были предложены методы синтеза рекуперативных тепловых систем. Одним из наиболее известных методов синтеза оптимальных рекуперативных тепловых систем является пинч-метод с использованием составных тепловых кривых. Литературные данные, опубликованные в различных источниках [2–5], говорят о том, что при использовании методов пинч-анализа, можно сократить энергопотребление предприятия практически в 2 раза.

### Теплоэнергетическая интеграция.

Ранее в работе [6] было начато решение проблемы по энергосбережению процесса каталитического риформинга на установке Л-35-11/600.

На основании обследования существующей технологической схемы, которая также была рассмотрена в работе [6], была построена сеточная диаграмма существующего процесса (рис.1).

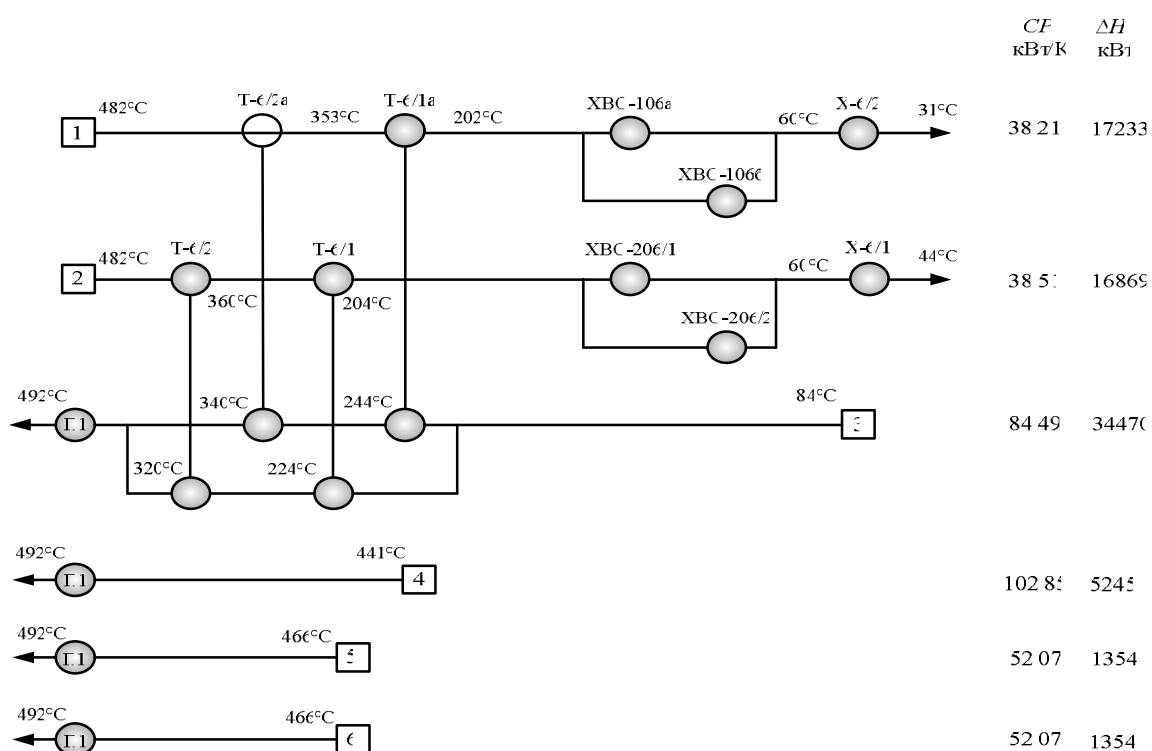


Рис. 1 – Сеточная диаграмма существующего процесса

Для того, чтобы синтезировать интегрированную систему теплообмена рассматриваемых процессов, построим сеточную диаграмму технологических потоков и отметим на ней локализацию пинча, а также с помощью методов пинч-проектирования разместим на ней теплообменные аппараты. На рисунке 2 представлена сеточная диаграмма для проекта реконструкции теплообменной сети. Тепловая интеграция выполняется за счет создания двух независимых подсистем выше и ниже пинча.

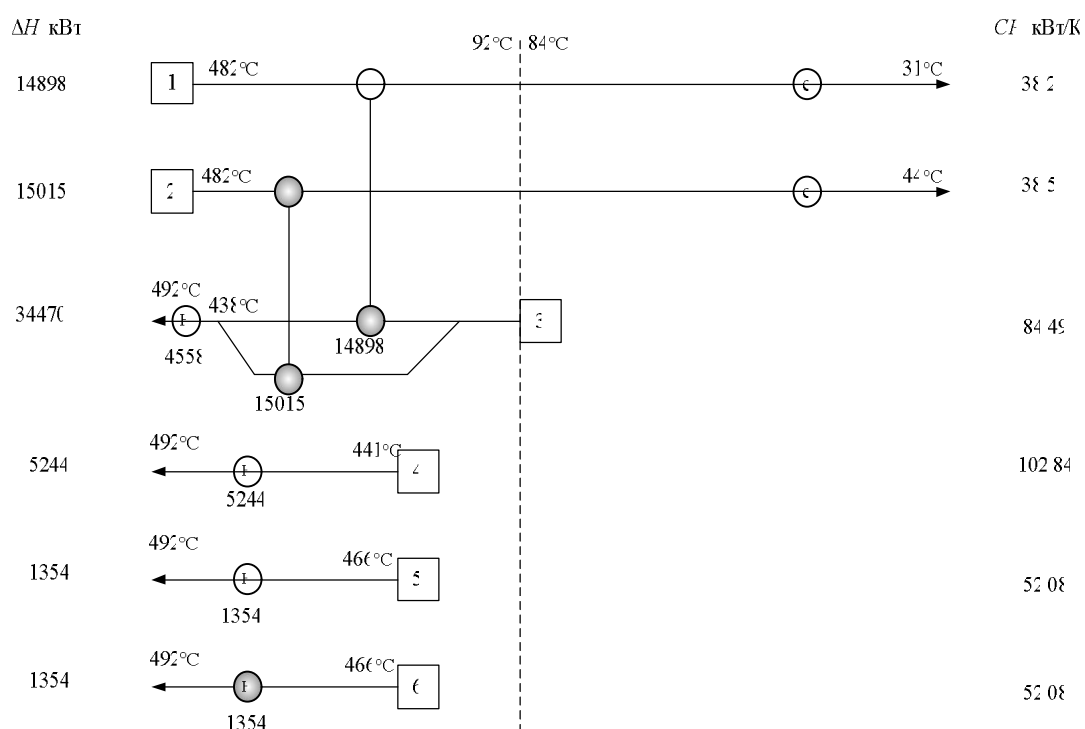


Рис. 2 – Сеточная диаграмма интегрированного процесса

Мы видим, что пинч локализуется на температуре для горячих потоков, равной  $92^{\circ}\text{C}$ , и соответственно для холодных потоков –  $84^{\circ}\text{C}$ . Горячие утилиты приобретают значение равное  $Q_{\text{Hmin}} = 13$  МВт, что на 59% меньше, чем процесс получает от утилитной системы в настоящее время. Значение холодных утилит составляет  $Q_{\text{Cmin}} = 4,8$  МВт что на 33% меньше, чем процесс получает от утилитной системы в настоящее время.

Мощность рекуперации тепловой энергии в интегрированной системе с  $\Delta T_{\text{min}} = 8^{\circ}\text{C}$  достигнет значения  $Q_{\text{rec}} = 29,2$  МВт. Таким образом, с помощью углубления теплоэнергетической интеграции в

процессе каталитического риформинга на установке Л-35-11/600 можно уменьшить энергопотребление на 8,2 МВт.

Благодаря расчету пинча и построению сеточной диаграммы существующего и интегрированного процесса можно создать проект реконструкции блока каталитического риформинга технологической схемы установки Л-35-11/600, как показано на рис. 3.

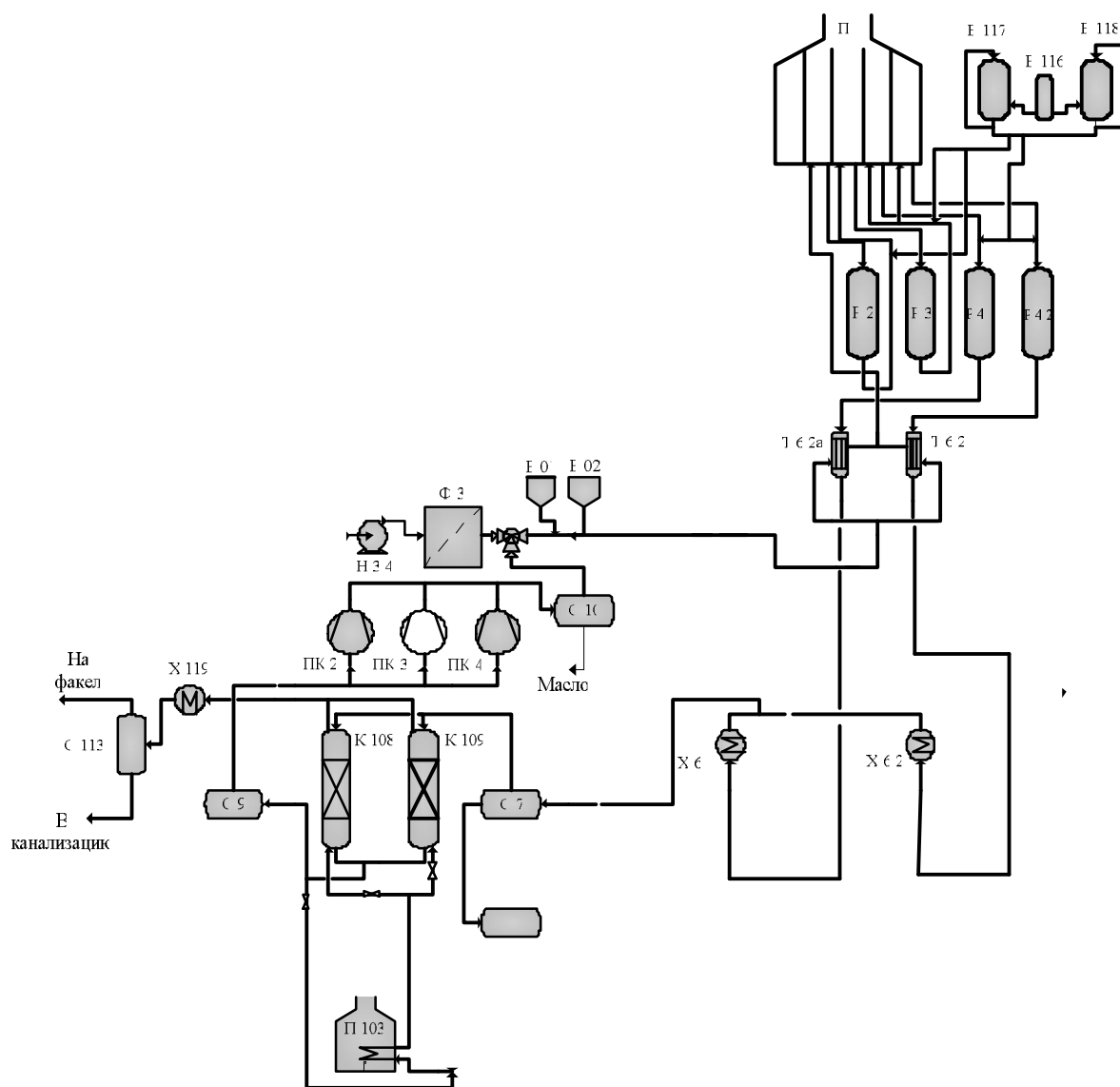


Рис. 3 – Схема проекта реконструкции блока каталитического риформинга технологической схемы установки Л-35-11/600

Для интегрированной схемы были рассчитаны параметры теплообменных аппаратов и их основные экономические показатели. Эти показатели можно наглядно увидеть в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры теплообменных аппаратов

Теплообменник	Нагрузка, кВт	Кол-во, шт	Площадь поверхности, м <sup>2</sup>	Цена, грн
T-1/1	14898	1	5774	4627000
T-1/2	15015	1	5819	4663200
T-6/1	2330	1	166	140000
T-6/2	1848	1	70	64200
Сумма	34091	4	9494400	9494400

Наглядно рассмотреть энергопотенциал реконструированной энерготехнологической схемы и возможную экономию энергии можно с помощью таблицы 2.

Таблица 2 – Энергопотребление и рекуперация системы теплообмена

Проект	Горячие утилиты, МВт	Холодные утилиты, МВт	Рекуперация, МВт	Цена энергии за год, грн
Существующий	20,8	12,7	21	47428430
Интегрированный	13	4,8	29,2	28968520
Экономия	7,8	7,9		18459910

Исходя из расчетов можно сделать вывод, что проект является экономически выгодным, и срок окупаемости проекта составит 10 месяцев.

### **Выводы.**

В результате применения пинч-методов была получена новая система теплообмена и представлена работоспособная, экономически выгодная энерготехнологическая схема. Получена сравнительная характеристика существующего процесса каталитического риформинга и интегрированного процесса. Показано, что экономический потенциал энергосбережения, доступный интеграции процессов, равен 18459910 грн. Срок окупаемости проекта составит 10 месяцев.

**Список литературы:** 1. Мешалкин В.П. Основы теории ресурсосберегающих интегрированных химико-технологических систем / В.П. Мешалкин, Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П.А. Капустенко. – Х.:НТУ«ХПИ», 2006. – с. 35–37. 2. Клемеш Й. Применение методов пинч-анализа для реконструкции тепловой сети установок первичной переработки нефти / Й. Клемеш, Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, Н.Д. Андрийчук, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, А.Ю. Перевертайленко, Б.Д. Зулин // Третя міжнародна виставка-конференція «Енергозберегаюча техніка і технології» («ЕТТ/Київ-96»). Тези доповідей конф.: Київ. 18-20 квітня 1996 р. / Київ. 1996. – с. 31. 3. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П. А. Капустенко, Л. М. Ульев. – Харьков: ХГПУ, 2000. – 457 с. 4. Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems. Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. 2005. – 77 p. – с. 179. 5. Klemes J. Pinch- analysis of a crude oil unit / J. Klemes, L.L. Tovazshnyanski, P.A. Kapustenko, N.D. Andriychuk, L.M. Ulyev, B.D. Zulin // 12<sup>th</sup> International Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA'96, Praha. 1996. – Paper No: H:7.3 [0271]. – p. 1–7. 6. Ульев Л.М. Экстракция данных процесса каталитического риформинга на установке переработки нефти Л-35-11/600 / Л.М. Ульев, Д.Д. Нечипоренко, О.Ю. Валенова // Інтегровані технології та енергозбереження. 2011, – №2. – С. 20–28.

*Поступила в редколлегию 05.03.13*

УДК 658.28:665.63:338.44

**Пинч-интеграция интеграция блока каталитического риформинга на установке Л-35-11/600 / Л. М. Ульев, Д. Д. Нечипоренко, О. Ю. Валенова, // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ». 2013. – № 9 (983). – С. 120–125. – Бібліогр.: 6 назв.**

У роботі виконана пінч-інтеграція блоку каталітичного риформінгу на установці Л/35-11/600. За допомогою методів пінч-проекткування побудована сіткова діаграма запропонованого проекту рекуперації теплової енергії. На основі сіткової діаграми системи рекуперації запропонована енерготехнологічна схема блоку каталітичного риформінга, в якій значно збільшена потужність рекуперації. Також в роботі описані витрати на проектування і термін окупності даного проекту.

**Ключові слова:** пінч-інтеграція, риформінг, теплообмін, пінч-аналіз, сіткова діаграма, енерговитрати, утиліти, термін окупності.

Pinch-integration of block of catalytic reforming is for unit of L/35-11/600 was made. The grid diagram for of pinch-integration of system recuperation project was proposed in the paper. On the basis of grid diagram of the system of recuperation the flowsheet of the block of catalytic reforming is offered. The investment in process was calculated and payback period for this project was defined.

**Keywords:** pinch-integration, catalytic reforming, grid diagram, pinch analysis, recuperation, , utilities, payback period .